Übungen zu Einführung in Rechnernetze
5. Übung

Markus Jung, Robert Bauer
[m.jung, robert.bauer]@kit.edu

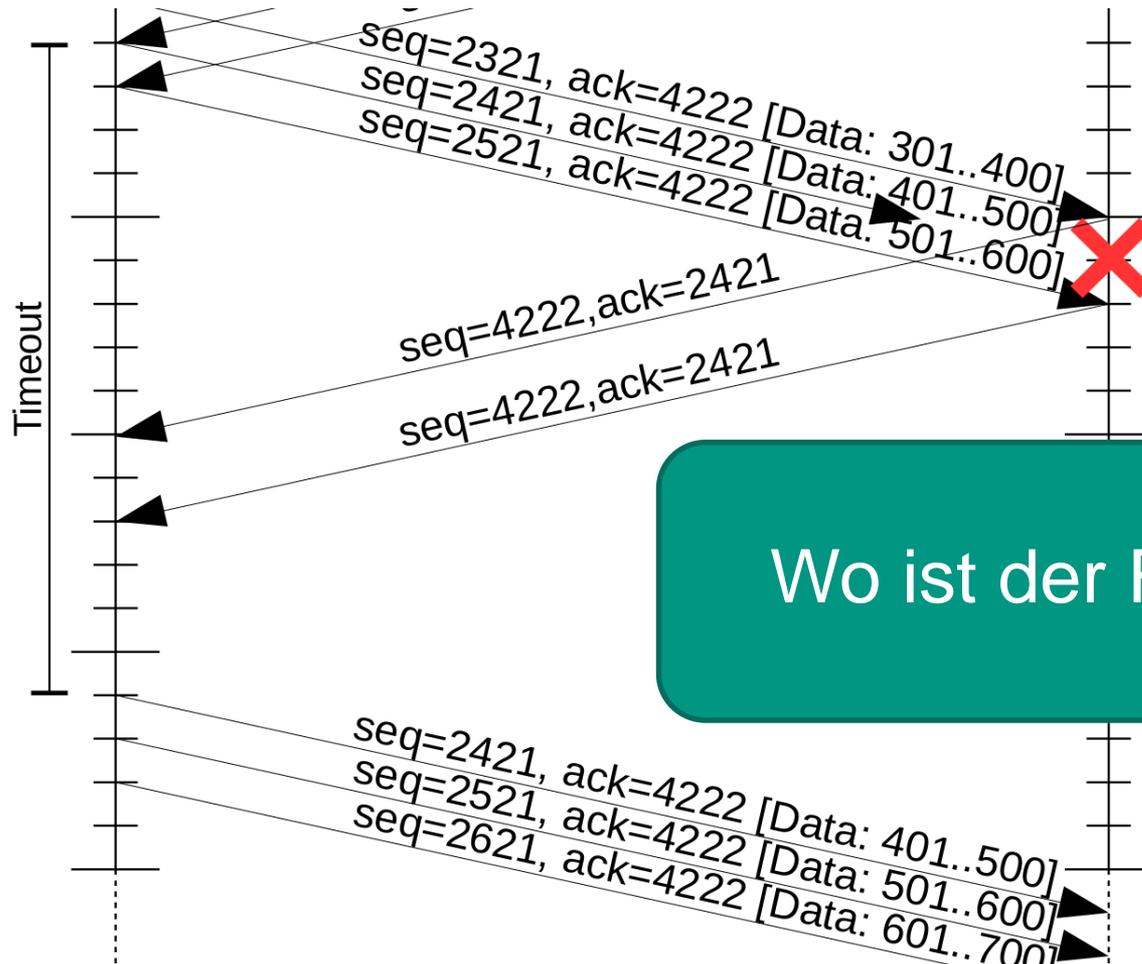Institut für Telematik, Prof. Zitterbart

© Peter Baumung

Nachtrag: Übungsblatt 4, Aufgabe 3

- Host A will über eine TCP-Verbindung 700 Byte an Host B übertragen. Host B antwortet im Anschluss mit 350 Byte.
  - Host A arbeitet mit einem Empfangsfenster von 200 Byte, Host B mit 300 Byte.
  - Die MSS betrage 100 Byte.
  - Ein Segment kommt eine Zeiteinheit nach dem es abgesendet wurde beim Empfänger an.
  - Innerhalb einer Zeiteinheit können bis zu fünf Segmente versendet werden.
  - Der Timer für Quittungen laufe nach je drei Zeiteinheiten ab.
  - Berücksichtigen Sie, dass TCP Go-Back-N nutzt.
  - Es kommt keine Staukontrolle zum Einsatz.

Aufgabe 3 (b)

- Bei der folgenden Übertragung gehe das fünfte Segment von Host A verloren. Vervollständigen Sie das Weg-Zeit-Diagramm.
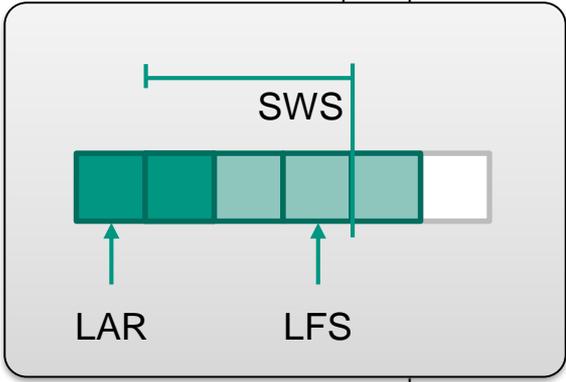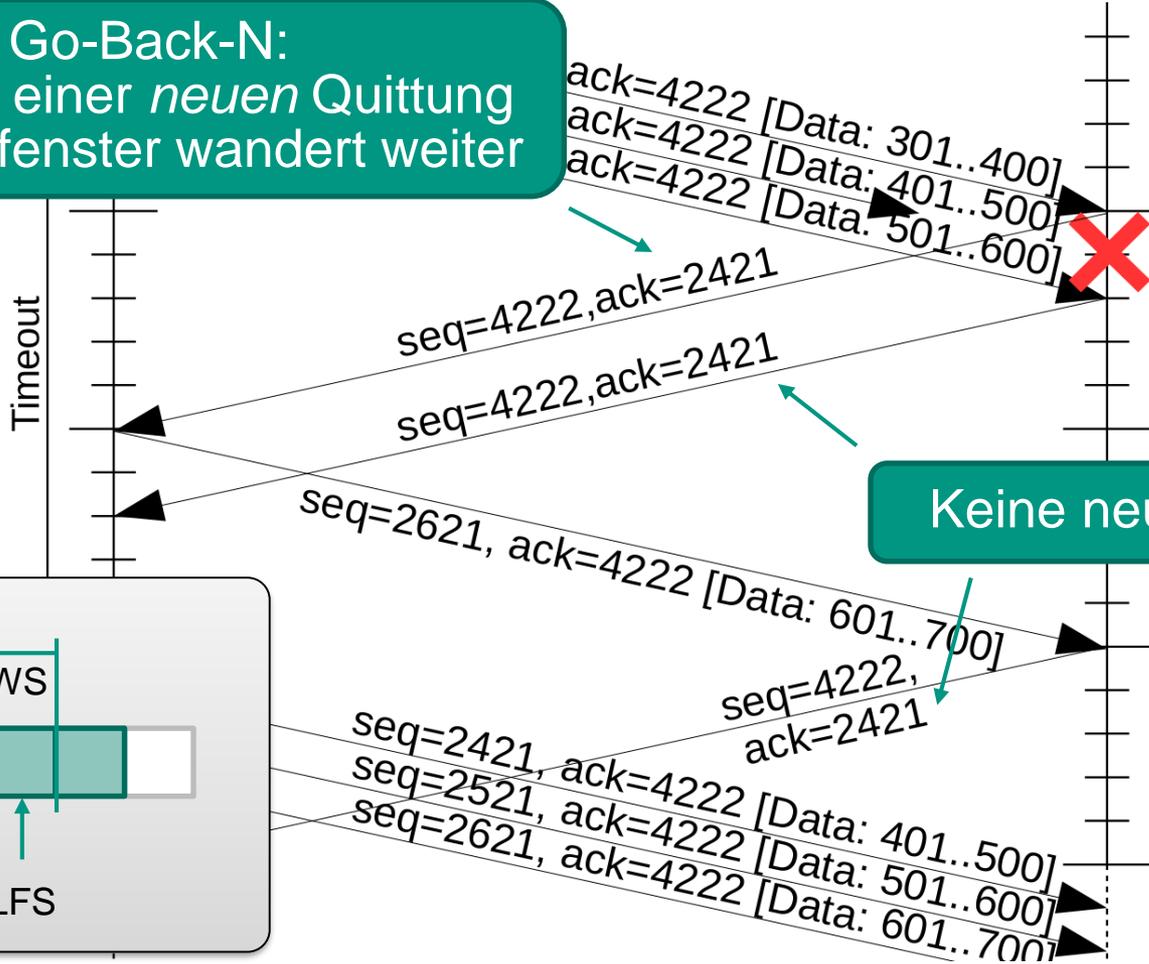
Einführung in Rechnernetze – 5. Übungsblatt

Pingo

- Pingo-Link für diese Übung:
- → http://pingo.upb.de/548806

Aufgabe 1 (a) – Pingo

- Auf welcher Schicht des Internet-Protokollstacks arbeitet ein Router?

Application
Transport
Network
Data Link
Physical
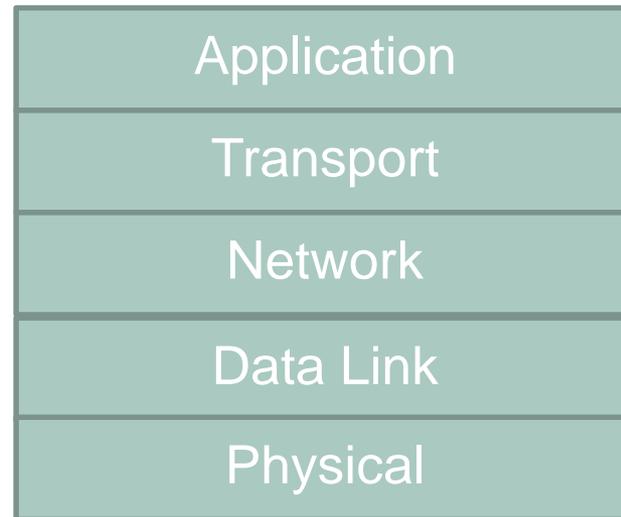
Zum Aufwärmen ... ☺

Aufgabe 1 (b) + (c)

- Was ist der Unterschied zwischen Weiterleitung und Routing?

    - Weiterleitung (Forwarding) → Datenebene
        - Leitet Pakete vom Eingang des Routers an einen Ausgang weiter
        - Arbeitet nur auf einem einzelnen IP-Datagramm
    - Wegewahl (Routing) → Kontrollebene
        - Ermittelt den Weg, den die Pakete zurücklegen
        - Erfordert Routingalgorithmus und -protokoll

- Welche Informationen sind üblicherweise in der Routingtabelle eines IP-Routers enthalten?

    - Datenstruktur der Kontrollebene
        - Welches Ziel möchte ich erreichen? → Ziel-Adresse oder Netzwerk
        - Wie kann ich das Ziel erreichen → Next Hop
        - Wie teuer ist es, dass Ziel zu erreichen → Kosten
    - Unterschied zur Weiterleitungstabelle?
        - Routingtabelle enthält alle möglichen Wege
        - Weiterleitungstabelle enthält nur eine Auswahl der gerade genutzten Wege

Übungen zu Einführung in Rechnernetze – 5. Übung   Institut für Telematik
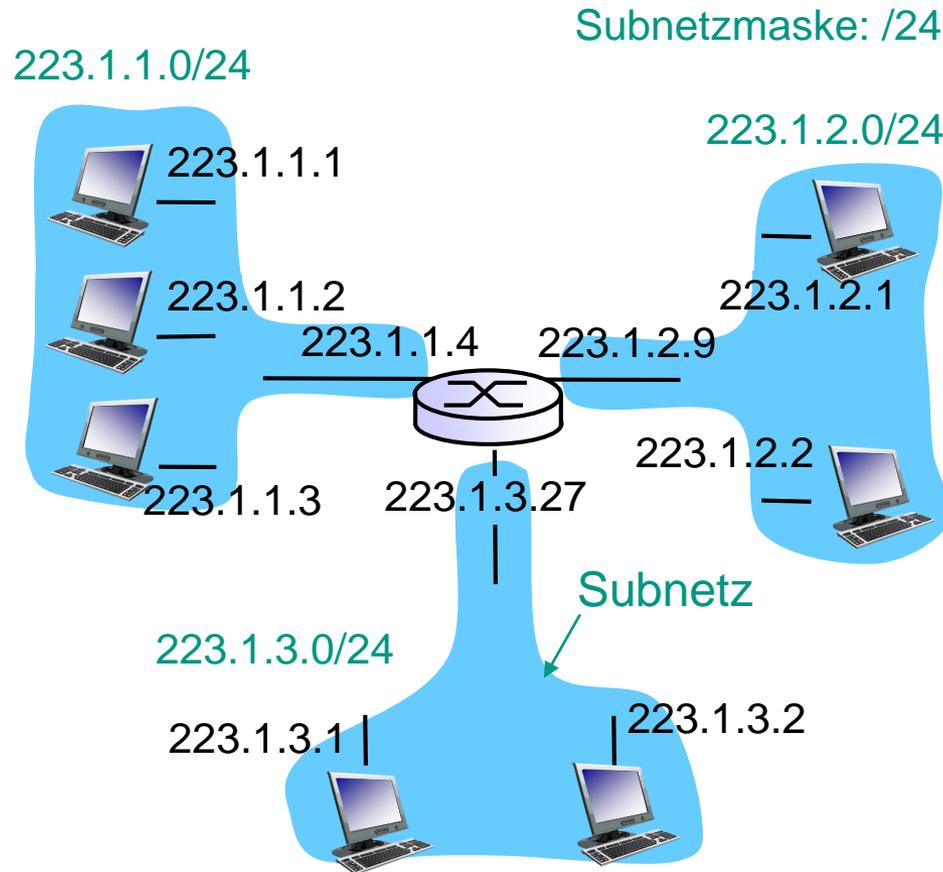
Aufgabe 1 (e) + (f)

- Muss jeder IP-Router in der Lage sein, IP-Datagramme zu fragmentieren und zu reassemblieren?

  - Fragmentierung = Anpassung an verschieden große MTUs (Maximum Transfer Unit)
  - Kann sich von Link zu Link unterscheiden → jedes System muss fragmentieren können
  - Nur das Endsystem muss die fragmentierten Pakete auch wieder zusammensetzen können (Reassemblierung)

- Sind alle Routing-Entscheidungen symmetrisch aufgebaut?

  - Kommt drauf an…
    - Für metrik-basierte Protokolle wie OSPF/RIP mit symmetrischen Linkkosten $c(i, j) = c(j, i)$ → ja
    - Muss aber nicht zwangsläufig gelten, z.B. wenn Betreiberrichtlinien (Policies) in die Entscheidung einbezogen werden, wie z.B. bei BGP

Aufgabe 1 (g) – Pingo

- Was versteht man unter adaptiven/dynamischen Routing-Algorithmen?

  - Eine Route wird für jeden Datenstrom neu/individuell gewählt
  - Jeder Router entscheidet selbst wie er ein Paket weiterleitet
  - Routingtabellen werden kontinuierlich angepasst
  - Router verarbeiten Pakete unterschiedlicher Größe und Formate
  - Routen ändern sich Abhängig vom Verkehr oder der Netztopologie

Aufgabe 1 (g) + (h)

- Was versteht man unter adaptiven/dynamischen Routing-Algorithmen?

  - Laufende Anpassung der Routing-Tabellen
    - Dies kann zentral als auch dezentral gesteuert sein
    - Basierend auf den aktuellen Zuständen, Ereignissen und Erfordernissen
    - Unter Umständen keine globale Konsistenz

- Wovon kann der Netzbetreiber die Kosten einzelner Verbindungen abhängig machen?

  - Art des physikalischen Mediums
    - Glasfaser, Koaxialkabel, verdrilltes Kupferadernpaar, …
  - Verkehrsaufkommen, Belastung der Verbindung
  - Politische oder wirtschaftliche Bestrebungen
  - Dienstgütemerkmale
    - Latenzen, Zuverlässigkeitsgarantien, zugesicherte Datenraten

Aufgabe 1 (i)

- In der Vorlesung wurden neben dezentralen Routingverfahren auch die Idee einer "logisch zentralisierten Kontrollebene" vorgestellt. Was genau bedeutet in diesem Zusammenhang "logisch zentralisiert"?

  - Beispiel SDN
  - Eine „zentralisierter Instanz" (der Controller) trifft alle Routingentscheidungen
  - Aber: Aus Skalierbarkeitsgründen gibt es in großen Netzwerken oft mehr als einen Controller
  - Die „zentralisierte Instanz" ist also in Wirklichkeit ein verteiltes System aus mehreren Controllern, die z.B. in einer Hierarchie angeordnet sind
  - Trotzdem sollen Routingentscheidungen aus logischer Sicht so getroffen werden, als gäbe es nur einen Controller
  - Verteilte Controller synchronisieren sich daher untereinander

Evaluation!

https://xkcd.com/937/

Einführung in Rechnernetze – 5. Übungsblatt

1. Routing
2. Anwendung von Routing Algorithmen
3. Routerausfall mit Distanz-Vektor-Routing
4. DHCP

Aufgabe 2 (a)

- Netzwerk aus fünf Zwischensystemen gegeben
  - Verbindungsleitungen mit Kosten versehen
  - Routingalgorithmus soll kostengünstigsten Weg finden
    - Bei gleichen Kosten Weg mit wenigsten Zwischensystemen
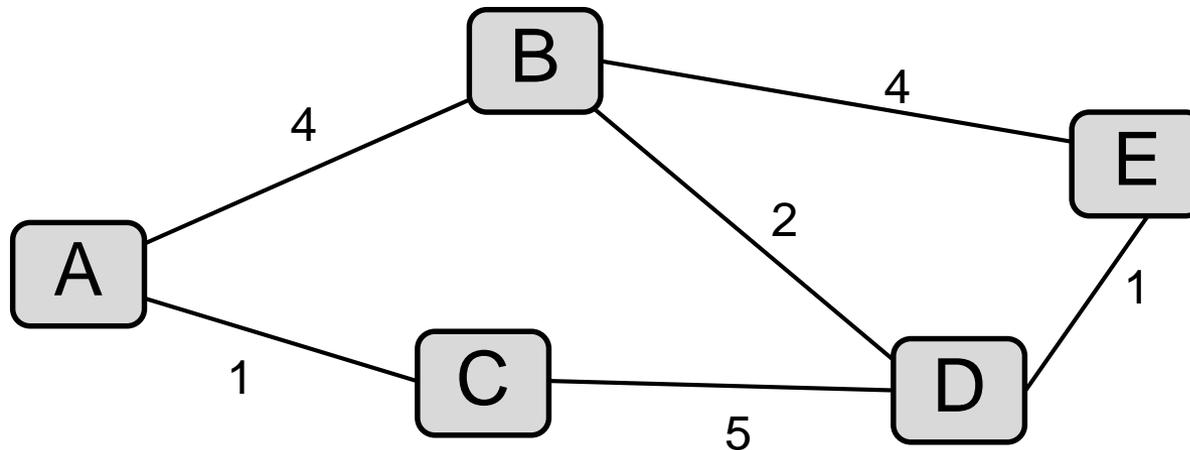
Link-State-Algorithmus (Dijkstra)

- Notation
  - $c(i, j)$: Kosten von System i zu System j
    - Es wird angenommen, dass $c(i, j) = c(j, i)$
    - Falls i und j nicht direkt verbunden sind gilt: $c(i, j) = \infty$
  - $D(v)$: Kosten der Route von der Quelle zur Senke v, die momentan die geringsten Kosten besitzt
  - $p(v)$: Vorgänger von v auf dem momentan kürzesten Pfad zu v
  - N: Menge der Systeme, deren kürzester Pfad von der Quelle bekannt ist
- Algorithmus
  - Initialisierungsphase
    - $N = \{\text{Quelle } A\}, D(v) = c(A, v)$ für alle direkten Nachbarn von A, $D(v) = \infty$ sonst
  - Schleife (wird entsprechend der Anzahl von Systemen im Netz durchlaufen)
    - Finde ein System w mit $w \notin N$ und $D(w)$ ist ein Minimum
    - Füge w zu N hinzu
    - Erneuere $D(v)$ für alle $v \notin N$ und v ist direkter Nachbar von w
    - $D(v) = \min(D(v), D(w) + c(w, v))$

Aufgabe 2 (a)

- Erstellen Sie die Wegewahltabelle für Router C gemäß dem Dijkstra-Algorithmus
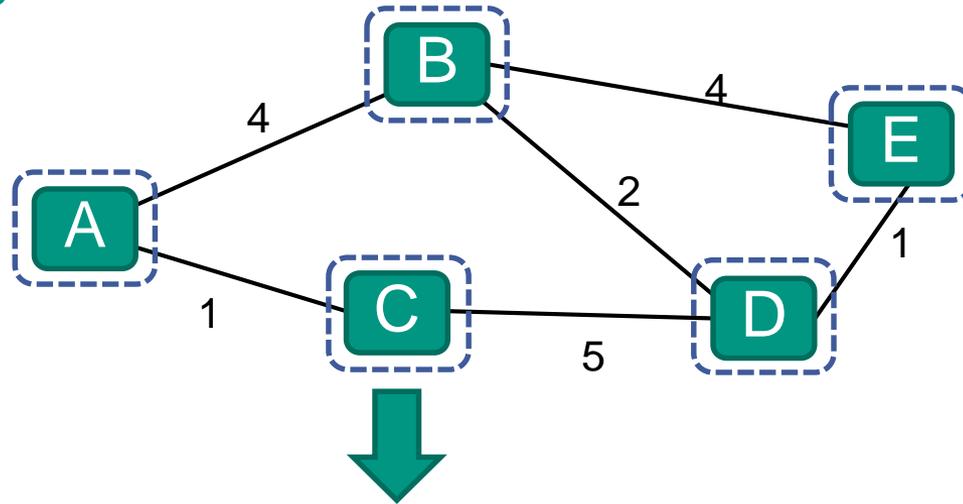
Schritt	N	D(A), p(A)	D(B), p(B)	D(D), p(D)	D(E), p(E)
0	C	1, C	∞	5, C	∞
1	CA		5, A		
2	CAD		(7, D)		6, D
3	CADB			(7, B)	(9, B)
4	CADBE		(10, E)		

Institut für Telematik

Aufgabe 2 (b)

- Die Leitung, die die Zwischensysteme A und C verbindet, kann nicht mehr genutzt werden. Welche Veränderungen ergeben sich?
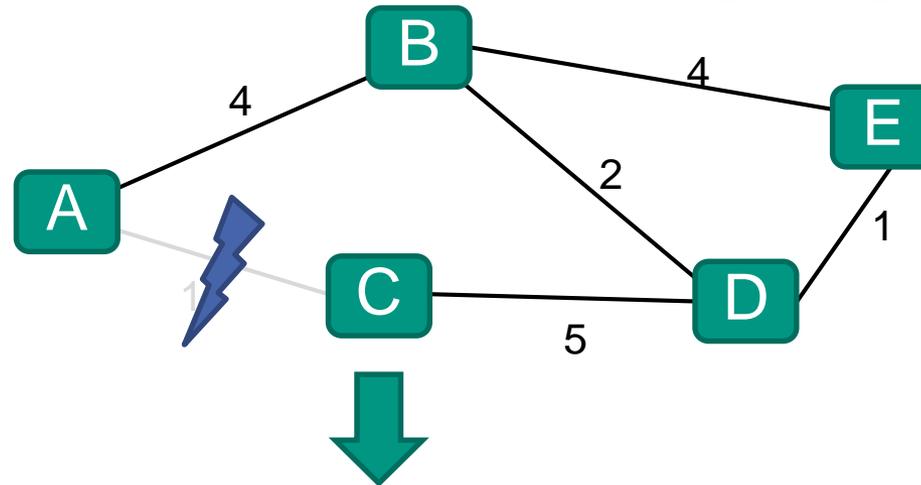
Schritt	N	D(A), p(A)	D(B), p(B)	D(D), p(D)	D(E), p(E)
0	C	∞	∞	5, C	∞
1	CD		7, D		6, D
2	CDE		(10, E)		
3	CDEB	11, B			
4	CDEBA				

Aufgabe 2 (c)

- Verwenden Sie nun zur Wegewahlberechnung der einzelnen Router aus dem ursprünglichen Netzwerk den Bellman-Ford-Algorithmus (Distanz-Vektor-Algorithmus)
    - Geben Sie an, mit welchen Werten sich die Router zum Zeitpunkt t_0 initialisieren

Distanz-Vektor-Algorithmus

- Initialisierung
  - Für alle Nachbarn $v: D^X(*, v) = \infty$, $D^X(v, v) = c(X, v)$
  - Für alle Ziele y: sende $\min_w D^w(y, w)$ zu jedem Nachbarn, wobei w alle Nachbarn enthält

- Schleife
  - Geänderte Übertragungsabschnittskosten: $c(X, V)$ ändert sich um den Wert d (positiv oder negativ)
    - Für alle Ziele $y: D^X(y, V) := D^X(y, V) + d$
  - Update-Nachricht von einem Nachbarn
    - Kürzester Pfad von V zu einem Ziel Y hat sich geändert zu „neuer Wert"
    - $D^X(Y, V) = c(X, V) + $ „neuer Wert" für dieses Ziel
  - Falls ein neuer $\min_w D^w(Y, w)$ für ein Ziel Y existiert, dann sende diesen Wert zu allen Nachbarn

- Betrachteter Algorithmus: Bellman-Ford-Algorithmus

- Komplexität: $O(n^2 k)$ mit $n = $ Anzahl der Knoten, $k = $ Anzahl Kanten
- Hinweis: Bellman-Ford berechnet kürzeste Pfade von einer Quelle aus in $O(nk)$

Aufgabe 2 (c)

- Verwenden Sie nun zur Wegewahlberechnung der einzelnen Router aus dem ursprünglichen Netzwerk den Bellman-Ford-Algorithmus (Distanz-Vektor-Algorithmus)
  - Geben Sie an, mit welchen Werten sich die Router zum Zeitpunkt t_0 initialisieren
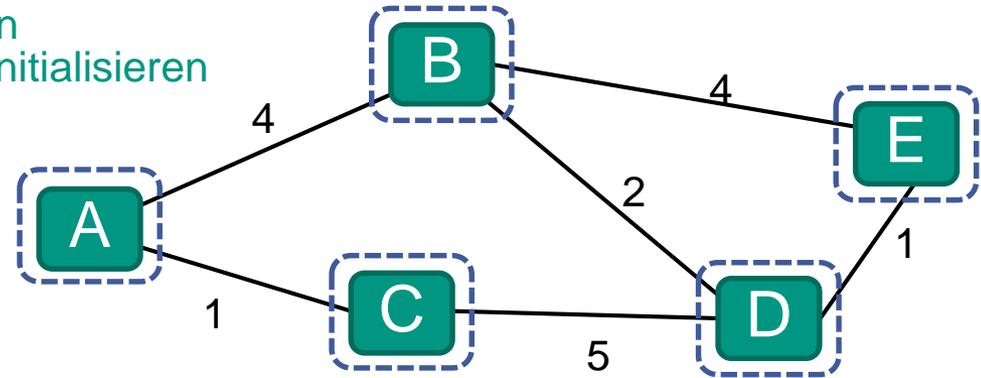
Router A

D^A	B	C
B	4	
C		1
D		
E		

Router B

D^B	A	D	E
A	4		
C			
D		2	
E			4

Router C

D^C	A	D
A	1	
B		
D		5
E		

Router D

D^D	B	C	E
A			
B	2		
C		5	
E			1

Router E

D^E	B	D
A		
B	4	
C		
D		1

■ Die Router arbeiten synchron und tauschen zu den Zeitpunkten t_1 und t_3 ihre aktuellen Wegewahltabellen mit ihren direkten Nachbarn aus

■ Geben Sie jeweils für jeden Router an, wie dessen Wegewahltabelle zu den Zeitpunkten t_2 und t_4 aussieht

Zeitpunkt t_0

Router A

D^A	B	C
B	4	
C		1
D		
E		

Router D

D^D	B	C	E
A			
B	2		
C		5	
E			1

Router B

D^B	A	D	E
A	4		
C			
D		2	
E			4

Router E

D^E	B	D
A		
B	4	
C		
D		1

Router C

D^C	A	D
A	1	
B		
D		5
E		

Zeitpunkt t_2

Router A

D^A	B	C
B	4	
C		1
D	6	6
E	8	

Router B

D^B	A	D	E
A	4		
C	5	7	
D		2	5
E		3	4

Router C

D^C	A	D
A	1	
B	5	7
D		5
E		6

- Die Router arbeiten synchron und tauschen zu den Zeitpunkten t_1 und t_3 ihre aktuellen Wegewahltabellen mit ihren direkten Nachbarn aus
  - Geben Sie jeweils für jeden Router an, wie dessen Wegewahltabelle zu den Zeitpunkten t_2 und t_4 aussieht

Zeitpunkt t_2

Router A

D^A	B	C
B	4	
C		1
D	6	6
E	8	

Router D

D^D	B	C	E
A	6	6	
B	2		5
C		5	
E	6		1

Router B

D^B	A	D	E
A	4		
C	5	7	
D		2	5
E		3	4

Router E

D^E	B	D
A	8	
B	4	3
C		6
D	6	1

Router C

D^C	A	D
A	1	
B	5	7
D		5
E		6

Zeitpunkt t_4

Router A

D^A	B	C
B	4	6
C	9	1
D	6	6
E	7	7

Router B

D^B	A	D	E
A	4	8	12
C	5	7	10
D	10	2	5
E	12	3	4

Router C

D^C	A	D
A	1	11
B	5	7
D	7	5
E	9	6
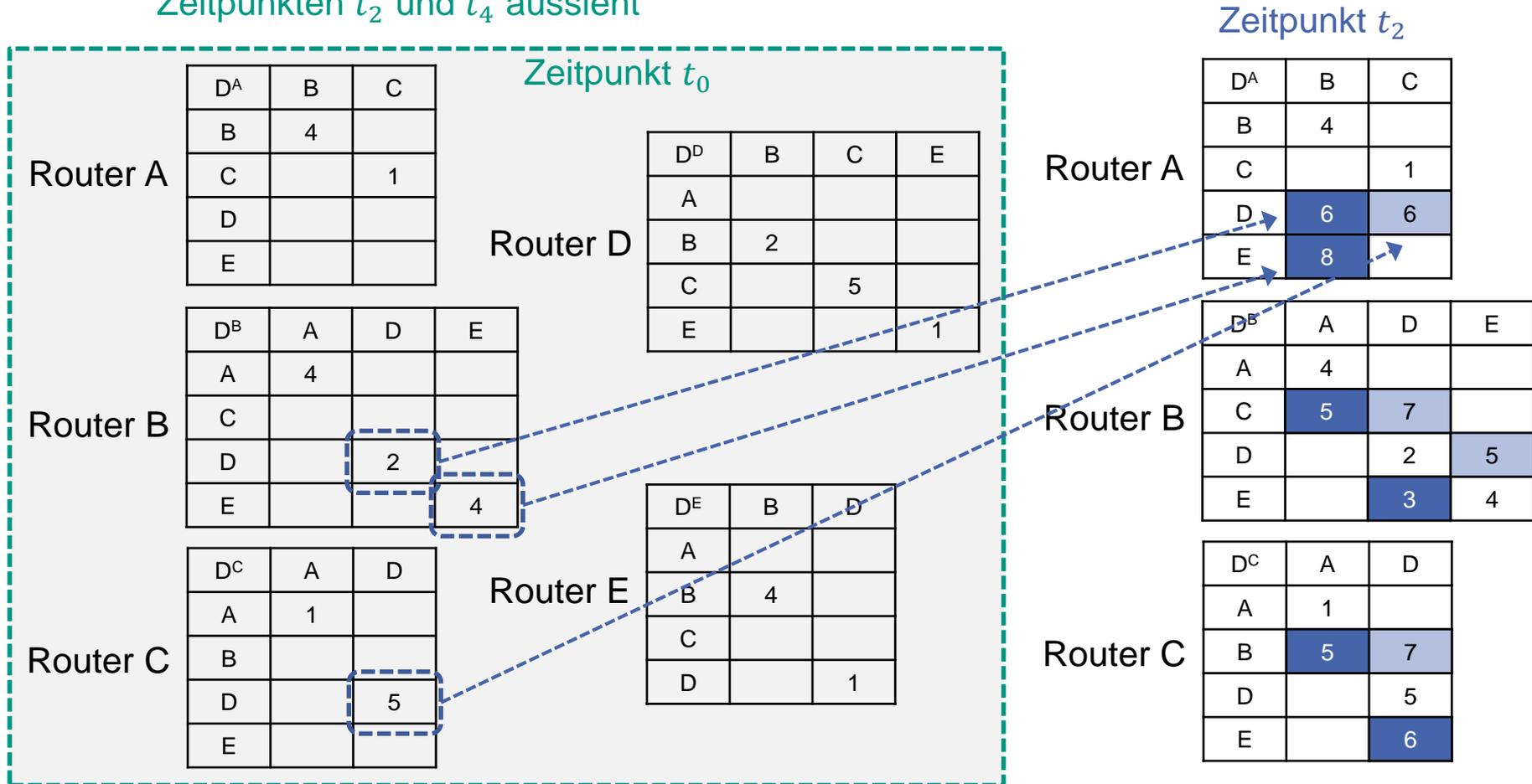
■ Geben Sie jeweils für die Router **A** und **B** an, wie deren Wegewahltabelle zu den Zeitpunkten $t4$, $t6$ und $t8$ aussieht.

Zeitpunkt t_0

A

D^A	B	C
B	6	10
C	8	8

B

D^B	A	C
A	6	10
C	14	2

C

D^C	A	B
A	8	8
B	14	2

Zeitpunkt t_2

D^A	B	C
B	6	∞
C	8	∞

D^B	A	C
A	6	∞
C	14	∞

Zeitpunkt t_4

D^A	B	C
B	6	∞
C	?	∞

D^B	A	C
A	6	∞
C	?	∞

Zeitpunkt t_6

D^A	B	C
B	6	∞
C	?	∞

D^B	A	C
A	6	∞
C	?	∞

Zeitpunkt t_8

D^A	B	C
B	6	∞
C	?	∞

D^B	A	C
A	6	∞
C	?	∞

Hinweis: Der Zeitpunkt t_0 stellt den bereits konvergierten Zustand da!

Zeitpunkt t_0

D^A	B	C
B	6	10
C	8	8

Zeitpunkt t_2

D^A	B	C
B	6	∞
C	8	∞

Zeitpunkt t_4

D^A	B	C
B	6	∞
C	20	∞

Zeitpunkt t_6

D^A	B	C
B	6	∞
C	?	∞

Zeitpunkt t_8

D^A	B	C
B	6	∞
C	?	∞

A

D^B	A	C
A	6	10
C	14	2

D^B	A	C
A	6	∞
C	14	∞

D^B	A	C
A	6	∞
C	?	∞

D^B	A	C
A	6	∞
C	?	∞

D^B	A	C
A	6	∞
C	?	∞

B

D^C	A	B
A	8	8
B	14	2

C

A —6— B

8   2

C

Zeitpunkt t_0

A

D^A	B	C
B	6	10
C	8	8

B

D^B	A	C
A	6	10
C	14	2

C

D^C	A	B
A	8	8
B	14	2

Zeitpunkt t_2

D^A	B	C
B	6	∞
C	8	∞

D^B	A	C
A	6	∞
C	14	∞

Zeitpunkt t_4

D^A	B	C
B	6	∞
C	20	∞

D^B	A	C
A	6	∞
C	14	∞

Zeitpunkt t_6

D^A	B	C
B	6	∞
C	?	∞

D^B	A	C
A	6	∞
C	?	∞

Zeitpunkt t_8

D^A	B	C
B	6	∞
C	?	∞

D^B	A	C
A	6	∞
C	?	∞

A — 6 — B

A — 8 — C

B — 2 — C

Zeitpunkt t_0

A

D^A	B	C
B	6	10
C	8	8

B

D^B	A	C
A	6	10
C	14	2

C

D^C	A	B
A	8	8
B	14	2

Zeitpunkt t_2

D^A	B	C
B	6	∞
C	8	∞

D^B	A	C
A	6	∞
C	14	∞

Zeitpunkt t_4

D^A	B	C
B	6	∞
C	20	∞

D^B	A	C
A	6	∞
C	14	∞

Zeitpunkt t_6

D^A	B	C
B	6	∞
C	20	∞

D^B	A	C
A	6	∞
C	?	∞

Zeitpunkt t_8

D^A	B	C
B	6	∞
C	?	∞

D^B	A	C
A	6	∞
C	?	∞

Übungen zu Einführung in Rechnernetze – 5. Übung

Institut für Telematik

Zeitpunkt t_0

D^A	B	C
B	6	10
C	8	8

A

D^B	A	C
A	6	10
C	14	2

B

D^C	A	B
A	8	8
B	14	2

C

Zeitpunkt t_2

D^A	B	C
B	6	∞
C	8	∞

D^B	A	C
A	6	∞
C	14	∞

Zeitpunkt t_4

D^A	B	C
B	6	∞
C	20	∞

D^B	A	C
A	6	∞
C	14	∞

Zeitpunkt t_6

D^A	B	C
B	6	∞
C	20	∞

D^B	A	C
A	6	∞
C	26	∞

Zeitpunkt t_8

D^A	B	C
B	6	∞
C	?	∞

D^B	A	C
A	6	∞
C	?	∞

```
      6
  A ------- B
   \       /
  8 \     / 2
     \   /
      C
```

Zeitpunkt t_0

D^A	B	C
B	6	10
C	8	8

A

Zeitpunkt t_2

D^A	B	C
B	6	∞
C	8	∞

Zeitpunkt t_4

D^A	B	C
B	6	∞
C	20	∞

Zeitpunkt t_6

D^A	B	C
B	6	∞
C	20	∞

Zeitpunkt t_8

D^A	B	C
B	6	∞
C	32	∞

B

D^B	A	C
A	6	10
C	14	2

D^B	A	C
A	6	∞
C	14	∞

D^B	A	C
A	6	∞
C	14	∞

D^B	A	C
A	6	∞
C	26	∞

D^B	A	C
A	6	∞
C	?	∞

C

D^C	A	B
A	8	8
B	14	2

A — 6 — B

8   2

C
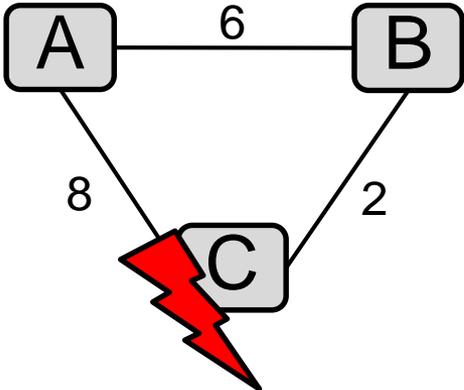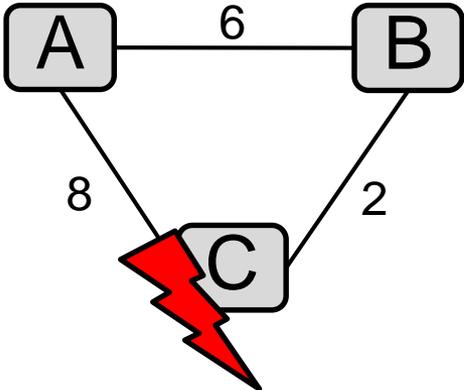
Aufgabe 3 (a) (Forts.)

Zeitpunkt t_0

D^A	B	C
B	6	10
C	8	8

A

D^B	A	C
A	6	10
C	14	2

B

D^C	A	B
A	8	8
B	14	2

C

Zeitpunkt t_2

D^A	B	C
B	6	∞
C	8	∞

D^B	A	C
A	6	∞
C	14	∞

Zeitpunkt t_4

D^A	B	C
B	6	∞
C	20	∞

D^B	A	C
A	6	∞
C	14	∞

Zeitpunkt t_6

D^A	B	C
B	6	∞
C	20	∞

D^B	A	C
A	6	∞
C	26	∞

Zeitpunkt t_8

D^A	B	C
B	6	∞
C	32	∞

D^B	A	C
A	6	∞
C	26	∞

Übungen zu Einführung in Rechnernetze – 5. Übung   Institut für Telematik

Aufgabe 3 (b)

- Welches Verhalten beobachten Sie? Welche Gegenmaßnahmen gibt es dafür?

    - Die Router A / B glauben, dass es jeweils über ihren direkten Nachbarn B / A noch eine Route zu C gibt…
    - Kosten steigen inkrementell immer weiter an
      → analog zum „Bad News" Beispiel aus der Vorlesung, nur das hier die Kosten für die „verschlechterte" Verbindung auf ∞ stehen
    - Wird als „Count-to-Infinity-Problem" bezeichnet

- Abhilfe?
    - Poisoned Reverse
    - Erklärung auf der nächsten Folie

Zeitpunkt t_0

A

D^A	B	C
B	6	10
C	8	8

D^B	A	C
A	6	10
C	14	2

B

D^C	A	B
A	8	8
B	14	2

C

Zeitpunkt t_2

D^A	B	C
B	6	∞
C	8	∞

D^B	A	C
A	6	∞
C	14	∞

Zeitpunkt t_4

D^A	B	C
B	6	∞
C	∞	∞

D^B	A	C
A	6	∞
C	14	∞

Zeitpunkt t_6

D^A	B	C
B	6	∞
C	∞	∞

D^B	A	C
A	6	∞
C	∞	∞

Zeitpunkt t_8

D^A	B	C
B	6	∞
C	∞	∞

D^B	A	C
A	6	∞
C	∞	∞

B enthält A die Information vor, dass C über A erreichbar ist, weil die günstigste Route (hier mit Kosten 14) wieder zu A führt → Schleife

t_4
20

t_6
26

t_8
32
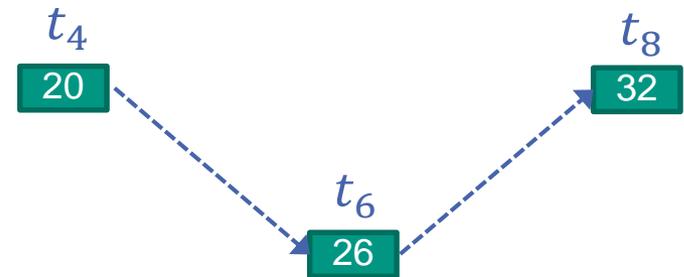
(Variante ohne PR, vgl. Folie 31)

A —6— B
8   2
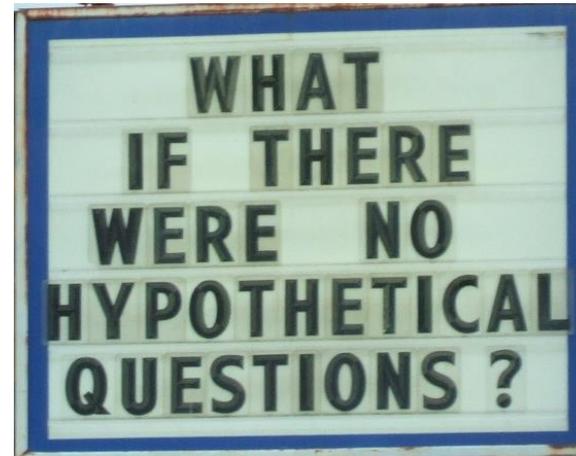C

Aufgabe 4 (a) + (b)

- Wofür wird DHCP eingesetzt?

  - Dynamischer Bezug von IP-Adressen durch Endsysteme

- Was wird mit DHCP alles konfiguriert?

  - Adresse des Default-Routers für das Subnetz
  - Name und IP-Adresse des DNS-Servers
  - Subnetzmaske
  - Zeitserver (NTP – Network Time Protocol)

Aufgabe 4 (c) – Pingo

- Warum ist bei DHCP eine zeitliche Gültigkeit der Zuteilung vorgesehen?

  - Privacy-option für Endsystem bereitstellen (IP Wechseln)
  - Um sicherzustellen, dass keine Adressen doppelt vergeben werden
  - Um zu prüfen das ein Endsysteme noch online ist
  - Normalerweise mehr Geräte als IP-Adressen

- Antwort: Normalerweise mehr Geräte als IP-Adressen

Übungen zu Einführung in Rechnernetze – 5. Übung

Institut für Telematik

Fragen?

- Noch Fragen?
  - Jeglicher Art
    - Gute?
    - Hypothetische?
    - … sonstige?

- Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

- Nächste Rechnernetze-Übung am

12.07.2017